

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-220562

(43)Date of publication of application : 09.08.1994

(51)Int.Cl.

C22C 21/02

F02F 1/00

(21)Application number : 05-034035

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 28.01.1993

(72)Inventor : TANIDA YOSHIO  
SUGIMOTO YUKIHIRO  
YAMAMOTO YOSHIFUMI

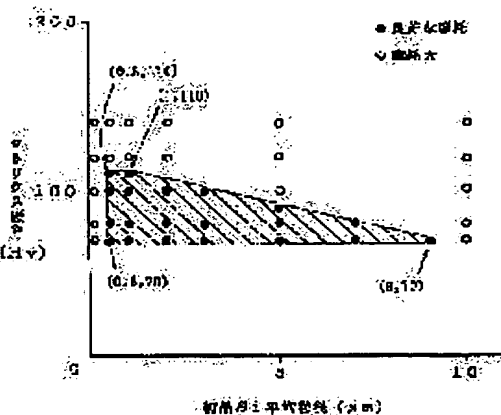
## (54) CYLINDER BLOCK MADE OF ALUMINUM ALLOY FOR ENGINE AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To secure the wear resistance of a cylinder liner and the heat radiation characteristic of an engine by forming the structure, in the vicinity of the top dead center, of an Al-Si alloy cylinder liner of a cylinder block made of Al alloy into a remelting-treated specific structure.

CONSTITUTION: A cylinder liner made of Al-Si alloy is disposed to the main body of a cylinder block made of Al alloy.

Subsequently, the part in the vicinity of a contacting part of the top dead center and, if necessary, the bottom dead center of the cylinder liner with a piston ring is irradiated with high density energy, such as electron beam, to undergo remelting treatment. By this treatment, the cylinder liner and the cylinder block main body can be joined by melting with superior adhesion, and the part, in the vicinity of the top dead center, of the cylinder liner can be formed into a remelting-treated structure satisfying the relationships in  $0.5 \leq x \leq 9$ ,  $70 \leq y \leq 110$ , and  $y \leq -5x + 115$  when  $x \mu\text{m}$  and  $y \text{ Hv}$  are the average grain size of primary-crystal Si and the hardness of matrix, respectively.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3287898

[Date of registration]

15.03.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The cylinder block made from an aluminium alloy characterized by being  $0.5 \leq x \leq 9$ ,  $70 \leq y \leq 110$ , and the organization that fills the relation of  $y \leq -5x + 115$ , and where RIMERUTO processing was carried out when near the top dead center of this cylinder liner sets mean particle diameter of primary phase silicon to x (micrometer) and sets matrix hardness to y (Hv) in the cylinder block made from an aluminium alloy which arranged the cylinder liner made from an aluminum-silicon system alloy.

[Claim 2] The cylinder block made from an aluminium alloy which is the organization where RIMERUTO processing of near the top dead center of this cylinder liner was carried out in the cylinder block made from an aluminium alloy which arranged the cylinder liner made from an aluminum-silicon system alloy, and is characterized by carrying out melting association to a cylinder block.

[Claim 3] The manufacture approach of the cylinder block which arranges the cylinder liner made from an aluminum-silicon system alloy in the cylinder block body made from an aluminium alloy, irradiates high density energy near the top dead center of this cylinder liner, and is characterized by carrying out melting association of a cylinder liner and the cylinder block body while carrying out RIMERUTO processing.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is concerned with the cylinder block made from an aluminium alloy equipped with the cylinder liner made from an aluminum-silicon system alloy excellent in abrasion resistance, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Because of lightweight-izing of an automobile, an aluminum (hereafter referred to as aluminum.) alloy is conventionally used as an engine cylinder block, and a cast-iron quality cylinder liner is \*\*\*\*\* rare \*\*\*\*\* from a viewpoint of abrasion resistance [ inner skin / the ]. However, since there was a special feature that weight is large and also thermal conductivity was bad inferior to adhesion with the cylinder block made from aluminum alloy, the cast-iron quality cylinder liner had the special feature that heat dissipation nature is bad. Recently, the cylinder liner made from aluminum alloy which whenever [ liner wall-temperature ] went up by the rise of the combustion chamber temperature especially accompanying an engine high increase in power, and the fault of degradation of abnormal combustion or lubrication oil came to appear, therefore was more excellent in a light weight and heat dissipation nature was developed.

[0003] Conventionally well-known aluminum alloy for cylinder liners is a hypereutectic aluminum-silicon (hereafter referred to as Si.) system alloy like A390 (refer to Table 1), and in order that it may carry out distributed content of the primary phase Si particle of a high degree of hardness into a matrix so much, it is an alloy excellent in abrasion resistance. Since it is good and thermal conductivity becomes [ thermal expansion ] equivalent to a block body while a cylinder block is further lightweight-ized by making a cylinder liner into the product made from an aluminum-Si system alloy, engine heat dissipation nature can improve, and path clearance with a piston can be set up narrowly, and an oil consumption can also be pressed down.

[0004]

[Table 1]

合金名	化 学 成 分 (w t %)						
	S i	C u	M g	F e	T i	Z n	A l
A 3 9 0	18.0	4.0	0.5				
	~ 18.0	~ 5.0	~ 0.65	≤0.5	≤0.2	≤0.1	bal.

[0005] thus, although the product made from an aluminum-Si system alloy, then effectiveness are large in a cylinder liner, it is \*\*\*\*\* about the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy -- the approach of abrasion resistance of forming \*\* and the cylinder block itself with an aluminum-Si system alloy was inadequate compared with the cylinder liner made of cast iron. For example, since a casting alloy like A390 has the large solid-liquid coexistence field, even if it performs detailed-ized processing, a primary phase Si may crystallize as a big and rough crystal, further, at the time of \*\*\*\*\* it softens

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



with heat and abrasion resistance falls to a cylinder block.

[0006] moreover, an aluminum-Si system alloy molten metal -- the atomizing method etc. -- the end of rapidly solidified powder -- carrying out -- this -- between heat -- extruding -- carrying out -- a cylinder liner -- forming -- a cylinder block -- the \*\*\*\*\* approach -- it is (for example, refer to JP,52-109415,A and JP,2-84245,A) -- a cylinder liner is softened with the heat at the time of an insert also in this case, and it is not avoided that abrasion resistance falls.

[0007] Furthermore, even when a cylinder liner is made into the product made from an aluminum-Si system alloy, engine heat dissipation nature may not fully have been improved. When a cylinder block and a cylinder liner deform during operation, both adhesion worsens and it becomes impossible that is, for the cylinder liner which carried out thinning to secure sufficient heat dissipation nature, since it is easy to deform with the stress at the time of an insert and the melting binder course is not formed in the interface of a cylinder liner and a cylinder block from the first although it is desirable to make it as thin as possible from the field of a cost side, lightweight-izing, and miniaturization of a cylinder crank case as for a cylinder liner. Moreover, it cannot be overemphasized that the same problem arises also in the cylinder block which presses the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy fit.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention sets it as the 1st purpose to secure the abrasion resistance of the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy arranged in the cylinder block made from aluminum alloy in view of the above-mentioned trouble, and sets it as another purpose to, secure engine heat dissipation nature in addition.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the cylinder block made from aluminum alloy in connection with this invention (claim 1) When the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy was arranged, and near the top dead center of this cylinder liner sets mean particle diameter of primary phase silicon to  $x$  (micrometer) and sets matrix hardness to  $y$  (Hv), It is characterized by being  $0.5 \leq x \leq 9$ ,  $70 \leq y \leq 110$ , and the organization that fills the relation of  $y \leq -5x + 115$  and where RIMERUTO processing was carried out. In addition, a matrix means parts other than the primary phase Si of an aluminum-Si system alloy.

[0010] Moreover, the cylinder block made from aluminum alloy in connection with this invention (claim 2) also arranges the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy, and near the top dead center of this cylinder liner is the organization where RIMERUTO processing was carried out, and it is characterized by carrying out melting association to a cylinder block.

[0011] The manufacture approach (claim 3) of the cylinder block made from aluminum alloy in connection with this invention arranges the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy in the cylinder block body made from aluminum alloy, high density energy is irradiated near the top dead center of this cylinder liner, and it is characterized by carrying out melting association of a cylinder liner and the cylinder block body while it carries out RIMERUTO processing.

[0012]

[Function] Now, in an engine cylinder liner, in the top dead center and near a bottom dead point, an oil film is hard to be formed, and larger abrasion resistance is needed especially in near a top dead center. [ the peripheral speed of the piston ring (the top, second, oil) which slides on a liner side decreases ] In this invention, RIMERUTO processing of near the top dead center of the cylinder liner made from an aluminum-Si alloy arranged in the cylinder block made from aluminum alloy is carried out, the primary phase Si of this part is made detailed by rapid solidification, and the abrasion resistance near a top dead center improves. Of course, RIMERUTO processing of near a bottom dead point can also be carried out if needed. In addition, the aluminum-Si alloy used for this invention is called so-called hypereutectic aluminum-Si alloy, and contains Si 12 to 20%.

[0013] In this invention (claim 1), although it is  $0.5 \leq x \leq 9$ ,  $70 \leq y \leq 110$ , and the RIMERUTO processing organization that fills the relation of  $y \leq -5x + 115$  when near the top dead center of the cylinder liner made from an aluminum-Si alloy sets mean particle diameter of primary phase silicon to  $x$  (micrometer) and sets matrix hardness to  $y$  (Hv), limiting in this way is based on the following reason. That is, if the particle size of a primary phase Si exceeds 9 micrometers, since distribution of Si particle becomes sparse to remainder, there is no effectiveness of strengthening of a matrix, wear will increase, a matrix will mainly touch partner material rather than Si particle as it is less than 0.5 micrometers, and it will

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

become easy to generate adhesive wear.

[0014] About a matrix, moderate hardness exists to Si particle size. That is, if soft, Si particle cannot be supported by the matrix but it will be easy for a matrix to support the load of direct partner material across the above-mentioned range, when hard, for it to be easy to generate adhesive wear, and to generate adhesive wear too.

[0015] In this invention (claim 2), it is the organization where RIMERUTO processing of near the top dead center of the cylinder liner made from an aluminum-Si system alloy was carried out, and melting association is carried out to the cylinder block. Thus, since melting association of near a top dead center is carried out to the cylinder block, heat conduction from near [ severe ] the cylinder liner top dead center of thermal conditions to a cylinder block improves, the heat (heat transmitted to a liner side from combustion gas or the piston ring) generated in the cylinder upper part radiates heat easily, and engine cooling nature improves. Furthermore, a melting bond part leaves also for the role of omission prevention of a cylinder liner.

[0016] Although a RIMERUTO processing organization can be formed also about near a bottom dead point, this RIMERUTO layer is carried out among [ thick ] cylinder liners, and does not carry out melting association to a cylinder block. That is, it is because the thermal expansion to the lengthwise direction of a cylinder liner being permitted, and \*\*\*\*\*ing to the inside and deforming into it can prevent by carrying out melting association of the cylinder liner only near a top dead center. Moreover, as for a RIMERUTO processing organization, it is desirable from a wear-resistant viewpoint to have said specific Si particle diameter (x $\mu$ m) and matrix hardness (yHv).

[0017] The RIMERUTO processing in this invention (claim 3) adjusts the amount of energy and beam diameter which use and add high density energy, such as an electron beam, laser, and a TIG arc, and it forms a RIMERUTO layer near the piston ring contact section of a bottom dead point if needed [ a top dead center and if needed ] for a cylinder liner, controlling the width of face of the layer to fuse, and the depth.

[0018]

[Example] Next, with reference to drawing 1 - drawing 11, this invention is explained more to a detail.

[0019] (Example 1) The production process of a cylinder block is shown in drawing 1. first, the continuous casting material of (1) A390 alloy -- preparing -- (2) -- back extrusion forging of this is carried out, and (3) cylinder-liner configuration is processed. (4) Next, carry out RIMERUTO processing of near the top dead center where the piston ring touches with an electron beam. RIMERUTO processing conditions are 6mm in the output of 2kW, passing speed 0.2 m/min, and beam width. By changing various this condition, the particle size of the primary phase Si after RIMERUTO processing can be adjusted.

[0020] (5) Carry out cutting of the cylinder liner after RIMERUTO processing, and manufacture an insert and a cylinder block with a (6) ADC12(JIS) aluminum alloy. Although a degree of hardness generally goes up too much in many cases, the heat at the time of an insert can adjust the matrix of the cylinder liner after RIMERUTO processing (elasticity-izing). (7) Finally finish-machine this.

[0021] In addition, the particle size and matrix hardness of a primary phase Si of the cylinder liner which passed through the above-mentioned process are made into within the limits of the slash shown in drawing 2. Here, drawing 2 shows the result of the abrasion resistant test of A390 alloy which has various primary phase Si particle size and matrix hardness. In namely, the graph which made the x axis mean particle diameter (micrometer) of the primary phase Si of A390 alloy, and made matrix hardness (Hv) the y-axis Abrasion loss is investigated. the ratio of A390 alloy when using hard-chrome-plating material (750 or more Hv(s)) as planar pressure 0.4MPa, peripheral-speed 0.1 m/s, and partner material -- a ratio -- abrasion loss makes below  $2.5 \times 10^{-8} \text{mm}^2/\text{N}$  (abrasion resistance equivalent to the conventional cylinder liner made of cast iron) a wear-resistant \*\*\*\*, plots this by the black dot, and plots others with a circle [ white ].

[0022] As shown here, when it set mean particle diameter of a primary phase Si to x (micrometer) and matrix hardness was set to y (Hv), in the case of  $0.5 \leq x \leq 9$ ,  $70 \leq y \leq 110$ , and  $y \leq -5x + 115$ , abrasion resistance equivalent to a cast-iron quality cylinder liner was obtained. In addition, the Vickers hardness meters used for measurement of matrix hardness are DUH-200 of Shimadzu Corp., load 1gf, 0.72 gf/s, and a triangular spindle indenter (115 degrees of dihedral angles).

[0023] Next, the casting plan which adjusts the particle size or matrix hardness of a primary phase Si of

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

a cylinder liner to drawing 3 - drawing 5 in addition to the above-mentioned RIMERUTO conditions is illustrated. Drawing 3 forms a RIMERUTO layer shallowly [ it is deep and ] near a bottom dead point near a top dead center, near a bottom dead point, a cooling rate becomes early, size and near a top dead center, a cooling rate becomes [ Si particle size / smallness and matrix hardness ] slow comparatively, and size and matrix hardness serve as [ Si particle size ] smallness a little.

[0024] Drawing 4 attaches the heating heater 10 in the jig for cylinder liner immobilization, and heats and carries out RIMERUTO processing only of the top dead center side, a cooling rate becomes comparatively slow near a top dead center, and smallness and matrix hardness serve as [ Si particle size / size and matrix hardness / Si particle size ] size smallness and near a bottom dead point a little. Drawing 5 forms a hollow 11 in the cylinder liner inside, back RIMERUTO processing in which the annular solid 12 with many Si contents was attached there from the cylinder liner body is performed, the amount of Si which deposits near a top dead center increases, and Si particle size serves as size a little as a result.

[0025] (Example 2) Another production process of a cylinder block is shown in drawing 6 . first -- the continuous casting material of (21) A390 alloy -- preparing -- (22) -- back extrusion forging of this is carried out, and as shown in (23) drawing 7 (a), a slot 30 is formed in the periphery of the cylinder which corresponds near a top dead center, and let only the part be thin meat. (24) Next, manufacture an insert and a cylinder block for this cylinder liner with an ADC12(JIS) aluminum alloy.

[0026] (25) Next, carry out RIMERUTO processing of near the top dead center where the piston ring touches with an electron beam. It is 6mm in the output of 2kW, passing speed 0.2 m/min, and beam width, and near a top dead center is written as thin meat, not only a cylinder liner but some cylinder block bodies can be fused easily, and RIMERUTO processing conditions can form, the dilution zone 32, i.e., the bond part, which cylinder liner material and cylinder block material mixed with the RIMERUTO layer 31 of cylinder liner material as shown in drawing 7 (b). Although near a bottom dead point carries out RIMERUTO processing if needed, only the RIMERUTO layer of a cylinder liner is formed in this part. (26) Finally finish-machine this.

[0027] Next, typical cylinder liner configurations other than what was shown in drawing 8 - drawing 11 at drawing 7 (a) are shown. Here, the thing, drawing 10 , and drawing 11 to which drawing 8 and drawing 9 carried out the thinning of a part of periphery part near a top dead center secure rigidity with a rib 35 while carrying out the thinning of the whole.

[0028]

[Effect of the Invention] According to this invention, the cylinder liner excellent in abrasion resistance can be obtained by detailed-izing of a primary phase Si, and rationalization of matrix hardness. Moreover, when carrying out melting association of a cylinder liner and the cylinder block at RIMERUTO processing and coincidence, engine heat dissipation nature can be raised and omission prevention of a cylinder liner can be aimed at.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is drawing showing the production process of the cylinder block in connection with this invention.

**[Drawing 2]** It is drawing showing a wear-resistant quality with the primary phase Si mean particle diameter of A390 alloy, and matrix hardness.

**[Drawing 3]** It is drawing explaining the casting plan which adjusts primary phase Si particle size and matrix hardness.

**[Drawing 4]** It is drawing which similarly explains the casting plan which adjusts primary phase Si particle size and matrix hardness.

**[Drawing 5]** It is drawing which similarly explains the casting plan which adjusts primary phase Si particle size and matrix hardness.

**[Drawing 6]** It is drawing showing the production process of the cylinder block in connection with this invention.

**[Drawing 7]** It is drawing (b) which explains signs that a cylinder liner and a cylinder block carry out melting association by RIMERUTO processing to be a cylinder liner (a) in connection with this invention.

**[Drawing 8]** It is drawing showing the cylinder liner configuration used for RIMERUTO processing.

**[Drawing 9]** It is drawing showing the cylinder liner configuration used for RIMERUTO processing similarly.

**[Drawing 10]** It is drawing showing the cylinder liner configuration used for RIMERUTO processing similarly.

**[Drawing 11]** It is drawing showing the cylinder liner configuration used for RIMERUTO processing similarly.

**[Description of Notations]**

10 Heater

11 Hollow

12 Annular Solid with Many Si Contents

30 Slot

31 RIMERUTO Layer of Cylinder Liner Material

32 Bond Part

35 Rib

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-220562

(43)公開日 平成6年(1994)8月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

C 2 2 C 21/02

F 0 2 F 1/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 8503-3G

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平5-34035

(22)出願日 平成5年(1993)1月28日

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 谷田 芳夫

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 杉本 幸弘

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 山本 義史

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

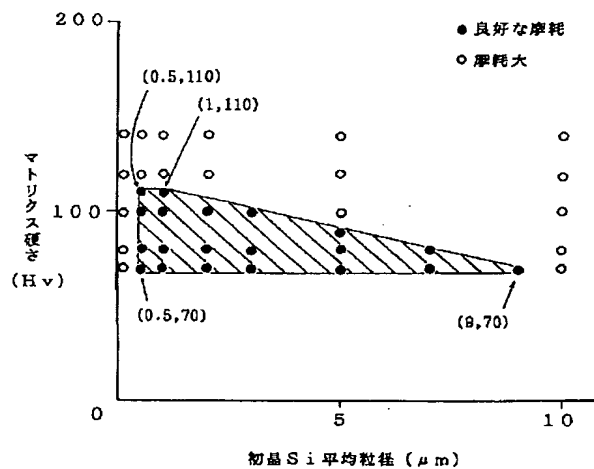
(74)代理人 弁理士 香本 薫

(54)【発明の名称】 エンジンのアルミニウム合金製シリンダブロック及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 初晶Siの微細化とマトリクス硬さの適正化により、耐摩耗性に優れたシリンダライナを得る。

【構成】 Al-Si系合金製シリンダライナを配設したAl合金製シリンダブロックにおいて、該シリンダライナの上死点付近が、初晶シリコンの平均粒径を $x$  ( $\mu\text{m}$ )、マトリクス硬さを $y$  (Hv)としたとき、 $0.5 \leq x \leq 9$ 、 $70 \leq y \leq 110$ 、且つ $y \leq -5x + 115$ の関係を満たすリメルト処理された組織である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アルミニウム－シリコン系合金製シリンダライナを配設したアルミニウム合金製シリンダブロックにおいて、該シリンダライナの上死点付近が、初晶シリコンの平均粒径を $x$  ( $\mu\text{m}$ )、マトリクス硬さを $y$  ( $\text{Hv}$ )としたとき、 $0.5 \leq x \leq 9$ 、 $7.0 \leq y \leq 110$ 、且つ $y \leq -5x + 115$ の関係を満たすリメルト処理された組織であることを特徴とするアルミニウム合金製シリンダブロック。

【請求項2】 アルミニウム－シリコン系合金製シリンダライナを配設したアルミニウム合金製シリンダブロックにおいて、該シリンダライナの上死点付近がリメルト処理された組織であり、且つシリンダブロックに対し溶融結合していることを特徴とするアルミニウム合金製シリンダブロック。

【請求項3】 アルミニウム合金製シリンダブロック本体にアルミニウム－シリコン系合金製シリンダライナを配設し、該シリンダライナの上死点付近に高密度エネルギーを照射しリメルト処理するとともに、シリンダライナとシリンダブロック本体を溶融結合することを特徴とするシリンダブロックの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、耐摩耗性に優れたアルミニウム－シリコン系合金製シリンダライナを備えたアルミニウム合金製シリンダブロック、及びその製造方法\*

\*に関わる。

## 【0002】

【従来の技術】自動車の軽量化のため、従来よりエンジンのシリンダブロックとしてアルミニウム（以下、 $\text{Al}$ とする。）合金が使用され、その内周面には耐摩耗性の観点から铸铁性シリンダライナが鑄ぐるまれている。しかし、铸铁性シリンダライナは重量が大きいという特質があるほか、熱伝導性が悪く且つ $\text{Al}$ 合金製シリンダブロックとの密着性に劣るため、放熱性が悪いという特質があった。特に最近では、エンジンの高出力化に伴う燃焼室温度の上昇によりライナ壁温度が上昇し、異常燃焼あるいは潤滑オイルの劣化といった欠点が現れるようになり、そのため、より軽量且つ放熱性に優れた $\text{Al}$ 合金製のシリンダライナが開発された。

【0003】従来公知のシリンダライナ用 $\text{Al}$ 合金は、たとえば $\text{A390}$ （表1参照）のような過共晶 $\text{Al-Si}$ シリコン（以下、 $\text{Si}$ とする。）系合金であり、高硬度の初晶 $\text{Si}$ 粒子を多量にマトリクス中に分散含有するため耐摩耗性に優れた合金である。シリンダライナを $\text{Al-Si}$ 系合金製とすることにより、シリンダブロックがさらに軽量化されるとともに、熱伝導性が良く熱膨張がブロック本体と同等になることから、エンジンの放熱性が向上し、またピストンとのクリアランスを狭く設定してオイル消費を押さえることもできる。

## 【0004】

## 【表1】

合金名	化 学 成 分 (wt%)						
	Si	Cu	Mg	Fe	Ti	Zn	Al
A390	16.0 ～ 18.0	4.0 ～ 5.0	0.5 ～ 0.65	$\leq 0.5$	$\leq 0.2$	$\leq 0.1$	bal.

【0005】このように、シリンダライナを $\text{Al-Si}$ 系合金製とすれば効果が大きい、 $\text{Al-Si}$ 系合金製シリンダライナを鑄ぐるんだり、シリンダブロック自体を $\text{Al-Si}$ 系合金で形成する方法では、铸铁製シリンダライナに比べ耐摩耗性が不十分であった。たとえば、 $\text{A390}$ のような鑄造合金は固液共存領域が広い、微細化処理を行っても初晶 $\text{Si}$ が粗大結晶として晶出することがあり、さらにシリンダブロックに鑄ぐるむときに熱により軟化して耐摩耗性が低下する。

【0006】また、 $\text{Al-Si}$ 系合金溶湯をアトマイズ法等により急冷凝固粉末とし、これを熱間押し出ししてシリンダライナを形成し、シリンダブロックに鑄ぐるむ方法もある（たとえば、特開昭52-109415号公報、特開平2-84245号公報参照）が、この場合もシリンダライナは鑄ぐるみ時の熱により軟化し、耐摩耗性が低下することは避けられない。

【0007】さらに、シリンダライナを $\text{Al-Si}$ 系合金製としたときでも、エンジンの放熱性が十分に改善されないことがあった。つまり、シリンダライナはコスト面、軽量化、及びエンジンブロックのコンパクト化の面からできるだけ薄くすることが望ましいが、薄肉化したシリンダライナは鑄ぐるみ時の応力により変形しやすく、また、元々シリンダライナとシリンダブロックの界面には溶融結合層が形成されていないことから、運転中シリンダブロック及びシリンダライナが変形することにより両者の密着性が悪くなり、十分な放熱性が確保できなくなる。また、 $\text{Al-Si}$ 系合金製シリンダライナを圧入するシリンダブロックにおいても同じ問題が生ずるのは言うまでもない。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題点を鑑み、 $\text{Al}$ 合金製シリンダブロックに配設した $\text{Al-Si}$

3

Si系合金製シリンダライナの耐摩耗性を確保することを第1の目的とし、加えてエンジンの放熱性を確保することを別の目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明（請求項1）に関わるAl合金製シリンダブロックは、Al-Si系合金製シリンダライナを配設したものであり、該シリンダライナの上死点付近が、初晶シリコンの平均粒径を $x$ （ $\mu\text{m}$ ）、マトリクス硬さを $y$ （HV）としたとき、 $0.5 \leq x \leq 9$ 、 $70 \leq y \leq 110$ 、且つ $y \leq -5x + 115$ の関係を満たすリメルト処理された組織であることを特徴とする。なお、マトリクスとは、Al-Si系合金の初晶Si以外の部分をいう。

【0010】また、本発明（請求項2）に関わるAl合金製シリンダブロックもAl-Si系合金製シリンダライナを配設したものであり、該シリンダライナの上死点付近がリメルト処理された組織であり、且つシリンダブロックに対し溶融結合していることを特徴とする。

【0011】本発明に関わるAl合金製シリンダブロックの製造方法（請求項3）は、Al合金製シリンダブロック本体にAl-Si系合金製シリンダライナを配設し、該シリンダライナの上死点付近に高密度エネルギーを照射しリメルト処理するとともに、シリンダライナとシリンダブロック本体を溶融結合することを特徴とする。

#### 【0012】

【作用】さて、エンジンのシリンダライナにおいては、ライナ面を摺動するピストンリング（トップ、セカンド、オイル）の周速が減少する上死点及び下死点付近において油膜が形成されにくく、特に上死点付近においてより大きい耐摩耗性が必要とされる。本発明においては、Al合金製シリンダブロックに配設したAl-Si合金製シリンダライナの上死点付近がリメルト処理され、急冷凝固により該部分の初晶Siは微細化されており、上死点付近の耐摩耗性が向上する。無論、必要に応じて下死点付近をリメルト処理することもできる。なお、本発明に使用するAl-Si合金は、いわゆる過共晶Al-Si合金といわれるもので、Siを12～20%含有する。

【0013】本発明（請求項1）においては、Al-Si合金製シリンダライナの上死点付近が、初晶シリコンの平均粒径を $x$ （ $\mu\text{m}$ ）、マトリクス硬さを $y$ （HV）としたとき、 $0.5 \leq x \leq 9$ 、 $70 \leq y \leq 110$ 、且つ $y \leq -5x + 115$ の関係を満たすリメルト処理組織となっているものであるが、このように限定するのは次の理由による。すなわち、初晶Siの粒径が $9\mu\text{m}$ を越えると、Si粒子の分布が余りにまばらになるためマトリクスの強化の効果がなく摩耗が増大し、 $0.5\mu\text{m}$ 未満であると、Si粒子よりも主としてマトリクスが相手材

4

と接することになり、凝着摩耗が発生しやすくなる。

【0014】マトリクスについては、Si粒径に対して適度な硬さが存在する。つまり、上記範囲を越えて硬いと、マトリクスが直接相手材の荷重を支えることになり凝着摩耗が発生しやすく、柔らかいとマトリクスでSi粒子を支えることができず、やはり凝着摩耗が発生しやすい。

【0015】本発明（請求項2）においては、Al-Si系合金製シリンダライナの上死点付近がリメルト処理された組織であり、且つシリンダブロックに対し溶融結合されている。このように、シリンダブロックに対し上死点付近が溶融結合されているため、熱的条件の厳しいシリンダライナ上死点付近からシリンダブロックへの熱伝導が向上し、シリンダ上部で発生した熱（燃焼ガスやピストンリングからライナ面へ伝達される熱）が容易に放熱され、エンジンの冷却性が向上する。さらに、溶融結合部は、シリンダライナの抜け防止の役にもたつ。

【0016】下死点付近についても、リメルト処理組織を形成することができるが、このリメルト層はシリンダライナの肉厚内とし、シリンダブロックに対し溶融結合させない。つまり、シリンダライナを上死点付近でのみ溶融結合させておくことにより、シリンダライナの縦方向への熱膨張が許容され、内側へ張り出し変形することが防止できるからである。また、リメルト処理組織は、前記特定のSi粒子径（ $x\mu\text{m}$ ）及びマトリクス硬さ（ $y\text{HV}$ ）を有するのが、耐摩耗性の観点から望ましい。

【0017】本発明（請求項3）におけるリメルト処理は、電子ビーム、レーザ、TIGアーク等の高密度エネルギーを使用し、加えるエネルギー量及びビーム径を調整し、溶融する層の幅、深さを制御しながら、シリンダライナの上死点と必要に応じて下死点のピストンリング接触部付近にリメルト層を形成するものである。

#### 【0018】

【実施例】次に、図1～図11を参照して本発明をより詳細に説明する。

【0019】（実施例1）図1にシリンダブロックの製造工程を示す。まず、（1）A390合金の連続鑄造材を用意し、（2）これを後方押し出し鍛造し、（3）シリンダライナ形状に加工する。（4）次に、電子ビームによりピストンリングが接する上死点付近をリメルト処理する。リメルト処理条件は、例えば出力2kW、移動速度0.2m/min、ビーム幅6mmである。この条件を種々変えることにより、リメルト処理後の初晶Siの粒径を調整することができる。

【0020】（5）リメルト処理後のシリンダライナを切削加工し、（6）ADC12（JIS）Al合金により鑄ぐるみ、シリンダブロックを製造する。リメルト処理後のシリンダライナのマトリクスは一般に硬度が上がりすぎている場合が多いが、鑄ぐるみ時の熱により調整

5

(軟質化)することができる。(7)最後に、これを仕上げ加工する。

【0021】なお、上記の工程を経たシリンダライナの初晶Siの粒径とマトリクス硬さは、図2に示す斜線の範囲内とする。ここで、図2は、種々の初晶Si粒径とマトリクス硬さを有するA390合金の耐摩耗性試験の結果を示す。すなわち、A390合金の初晶Siの平均粒径( $\mu\text{m}$ )をx軸とし、マトリクス硬さ(Hv)をy軸としたグラフで、面圧0.4MPa、周速0.1m/s、相手材として硬質クロムメッキ材(Hv750以上)を用いたときのA390合金の比摩耗量を調べ、比摩耗量が $2.5 \times 10^{-8} \text{mm}^2/\text{N}$ 以下(従来の鑄鉄製シリンダライナと同等の耐摩耗性)を耐摩耗性ありとし、これを黒丸でプロットし、その他を白丸でプロットしたものである。

【0022】ここに示すように、初晶Siの平均粒径をx( $\mu\text{m}$ )、マトリクス硬さをy(Hv)としたとき、 $0.5 \leq x \leq 9$ 、 $70 \leq y \leq 110$ 、且つ $y \leq -5x + 115$ の場合に、鑄鉄性シリンダライナと同等の耐摩耗性が得られた。なお、マトリクス硬さの測定に使用した

ビッカース硬度計は、株式会社島津製作所のDUH-200、荷重1gf、0.72gf/s、三角錘圧子(稜角 $115^\circ$ )である。

【0023】次に、図3～図5に、上記リメルト条件以外にシリンダライナの初晶Siの粒径あるいはマトリクス硬さを調整する方案を例示する。図3は、リメルト層を上死点付近で深く下死点付近で浅く形成するもので、下死点付近では冷却速度が早くなり、Si粒径が小、マトリクス硬さが大、上死点付近では比較的冷却速度が遅くなり、Si粒径がやや大、マトリクス硬さがやや小となる。

【0024】図4は、シリンダライナ固定用治具に加熱ヒーター10を取り付け、上死点側のみ加熱してリメルト処理するもので、上死点付近では冷却速度が比較的遅くなり、Si粒径がやや大、マトリクス硬さがやや小、下死点付近ではSi粒径が小、マトリクス硬さが大となる。図5は、シリンダライナ内側に凹所11を形成し、そこにシリンダライナ本体よりSi含有量の多い環状体12を取り付けた後リメルト処理を施すもので、上死点付近に析出するSi量が多くなり、結果としてSi粒径がやや大となる。

【0025】(実施例2)図6にシリンダブロックの別の製造工程を示す。まず(21)A390合金の連続鑄造材を用意し、(22)これを後方押し出し鍛造し、(23)図7(a)に示すように、上死点付近に相当する円筒の外周に溝30を形成し、その部分のみ薄肉とする。(24)次に、このシリンダライナをADC12(JIS)Al合金により鋳ぐるみ、シリンダブロックを製造する。

【0026】(25)次に、電子ビームによりピストン

6

リングが接する上死点付近をリメルト処理する。リメルト処理条件は、例えば出力2kW、移動速度0.2m/min、ビーム幅6mmであり、上死点付近を薄肉としたためシリンダライナのみならずシリンダブロック本体の一部も容易に熔融し、図7(b)に示すようにシリンダライナ材のリメルト層31と、シリンダライナ材とシリンダブロック材が混合した希釈領域すなわち結合部32を形成することができる。必要に応じて、下死点付近もリメルト処理するが、この部分にはシリンダライナのリメルト層のみ形成する。(26)最後に、これを仕上げ加工する。

【0027】次に、図8～図11に、図7(a)に示したものの以外の代表的なシリンダライナ形状を示す。ここで、図8及び図9は上死点付近の外周部分の一部を薄肉化したもの、図10及び図11は全体を薄肉化するとともにリブ35で剛性を確保したものである。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、初晶Siの微細化とマトリクス硬さの適正化により、耐摩耗性に優れたシリンダライナを得ることができる。また、リメルト処理と同時にシリンダライナとシリンダブロックを熔融結合するときは、エンジンの放熱性を向上させ且つシリンダライナの抜け防止を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に関わるシリンダブロックの製造工程を示す図である。

【図2】A390合金の初晶Si平均粒径及びマトリクス硬さと、耐摩耗性の良否を示す図である。

【図3】初晶Si粒径とマトリクス硬さを調整する方案を説明する図である。

【図4】同じく、初晶Si粒径とマトリクス硬さを調整する方案を説明する図である。

【図5】同じく、初晶Si粒径とマトリクス硬さを調整する方案を説明する図である。

【図6】本発明に関わるシリンダブロックの製造工程を示す図である。

【図7】本発明に関わるシリンダライナ(a)と、リメルト処理によりシリンダライナとシリンダブロックが熔融結合する様子を説明する図(b)である。

【図8】リメルト処理に使用するシリンダライナ形状を示す図である。

【図9】同じく、リメルト処理に使用するシリンダライナ形状を示す図である。

【図10】同じく、リメルト処理に使用するシリンダライナ形状を示す図である。

【図11】同じく、リメルト処理に使用するシリンダライナ形状を示す図である。

【符号の説明】

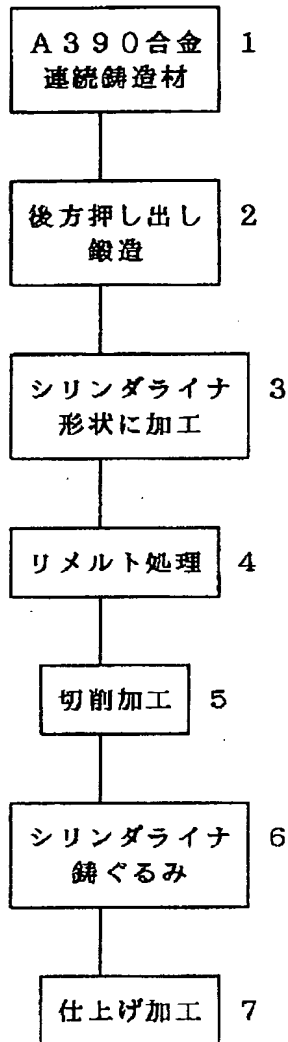
10 ヒーター

11 凹所

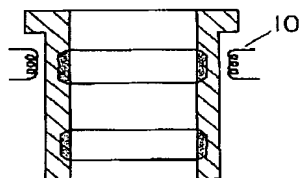
- 7  
 1 2 Si含有量の多い環状体  
 3 0 溝  
 3 1 シリンダライナ材のリメルト層

- 3 2 結合部  
 3 5 リブ

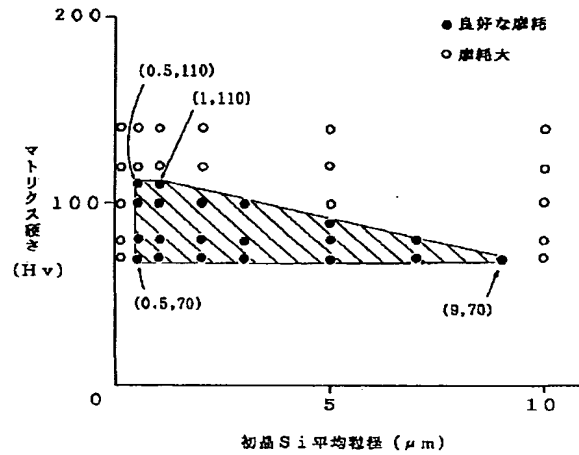
【図1】



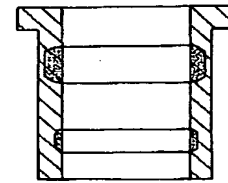
【図4】



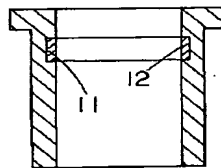
【図2】



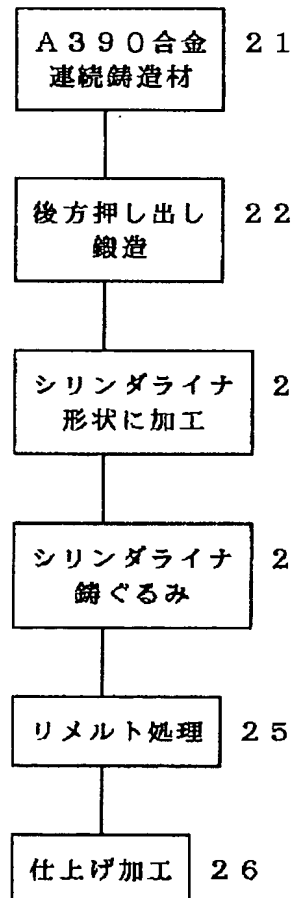
【図3】



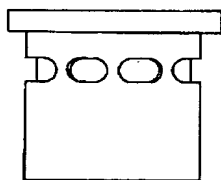
【図5】



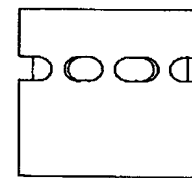
【図6】



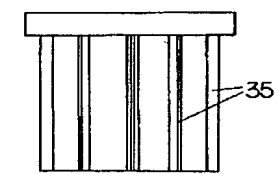
【図8】



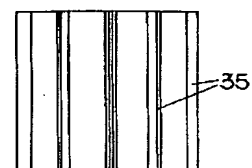
【図9】



【図10】



【図11】



【図7】

